



**University of
Zurich**^{UZH}

**Zurich Open Repository and
Archive**

University of Zurich
University Library
Strickhofstrasse 39
CH-8057 Zurich
www.zora.uzh.ch

Year: 2016

Die digitale Abformung mit dem Intraoralscanner: mehr als nur eine Abformung

Zimmermann, Moritz

Abstract: Wie es um die Genauigkeit von Intraoralscannern bestellt ist, ist sicherlich eine grundlegende Frage. Aber es ist bei Weitem nicht der einzige Aspekt, der bei der Gegenüberstellung „konservative vs. digitale Abformung“ ins Gewicht fällt. In diesem zweiteiligen Beitrag werden die Vorteile, aber auch die Einschränkungen und Besonderheiten der digitalen Abformung detailliert beschrieben. Vorgestellt werden grundlegende Optionen des digitalen Workflows wie auch eigene Konzepte des Autors zum Einsatz von Intraoralscannern für die digitale dentale Verlaufsdagnostik.

Posted at the Zurich Open Repository and Archive, University of Zurich

ZORA URL: <https://doi.org/10.5167/uzh-131431>

Journal Article

Accepted Version

Originally published at:

Zimmermann, Moritz (2016). Die digitale Abformung mit dem Intraoralscanner: mehr als nur eine Abformung. Zahnheilkunde, Management, Kultur : ZMK:online.

Die digitale intraorale Abformung mit Intraoralscanner: mehr als nur eine Abformung

EINLEITUNG

Der Einsatz von Intraoralscannern ist in vielerlei Hinsicht äußerst vielversprechend. Die digitale Abformung ist heutzutage weit mehr als nur eine Abformung des Zahnbogens. Bereits heute kann die digitale Abformung mittels Intraoralscanner als Diagnostiktool unter Zuhilfenahme spezieller Software verwendet werden. Gleichzeitig ist die digitale Abformung der erste Schritt im sogenannten "digitalen workflow" und ermöglicht dadurch ungeahnte Möglichkeiten in der Patiententherapie mittels CAD/CAM Technologie. Die digitale intraorale Abformung hat sich bis dato dennoch nicht als Standard in den Zahnarztpraxen durchgesetzt. Der große Anteil der Abformungen wird immer noch konventionell mit Abformlöffel und plastischer Abformmasse durchgeführt. Laut aktuellen Schätzungen nutzen nur rund 5-10 % der Zahnärzte/innen das Potential der digitalen Abformung mit Intraoralscannern. Wieso ist dies der Fall? Was hindert die Anwender daran den Abformlöffel zur Seite zu legen und stattdessen zum Intraoralscanner zu greifen? Welche Besonderheiten müssen bei der digitalen intraoralen Abformung beachtet werden? Was sind die Vorteile, was sind die Einschränkungen des intraoralen Scans? Gerade aus praktischer Sicht stellt sich oftmals die Frage: was geht tatsächlich und was eben (noch) nicht - lohnt sich der Umstieg auf den "digitalen workflow" auch für mich?

Der vorliegende Beitrag soll Antworten auf eben diese Frage geben. Neben den Vorteilen, werden die Einschränkungen und Besonderheiten der digitalen Abformung detailliert beschrieben. Die grundlegenden Optionen des "digitalen workflows" werden beschrieben sowie erste eigene Konzept zum Einsatz von Intraoralscannern für die digitalen dentale Verlaufsdagnostik vorgestellt.

Der zweite Teil der Artikelserie zum Thema Intraoralscanner wird abschließend eine vollständige Übersicht über alle derzeit auf dem Markt erhältlichen Scansysteme liefern. Neben einer detaillierte Beschreibung der jeweiligen Möglichkeiten des "digitalen workflows" werden die Möglichkeiten, die sich beim Einsatz des jeweiligen Scansystems in den Bereichen Zahnerhaltung, Prothetik, Kieferorthopädie und Implantologie ergeben vergleichend beschrieben.

EINTEILUNG INTRAORALSCANNER

Der weltweit erste Intraoralscan wurde vor mehr als 30 Jahren an der Universität Zürich an der Station für computergestützte restaurative Zahnmedizin von Professor Werner Mörmann durchgeführt [1]. Mit dem CEREC 1 Intraoralscanner führte der damalige digitale Pionier erstmals die optische Vermessung einer zuvor präparierten Inlaykavität durch und nutzte die Daten für die chairside Anfertigung eines Keramikinlays [2]. Seit dieser Zeit hat sich im gesamten Technologiebereich eine rasante Entwicklung abgespielt. Hiervon profitierte konsequenterweise auch die dentale CAD/CAM (computer-aided-design/computer-aided-manufacturing) Technologie. Gerade in den letzten Jahren konnte diesbezüglich ein rasanter Entwicklungsschritt in der Zahnmedizin beobachtet werden. CAD/CAM ist nicht mehr nur eine Nischentechnologie, CAD/CAM ist vielmehr zu einem unverzichtbaren Element in der modernen Zahnmedizin geworden. So wurde in den letzten Jahren die Technologie der Intraoralscanner deutlich verbessert und eine Vielzahl neuer Scansysteme in den Markt eingeführt. Heutzutage hat nahezu jeder namhafte Dentalhersteller ein eigenes intraorales Scansystem im Produktportfolio - ein Szenario, das noch vor wenigen Jahren undenkbar war. Da das Angebot an intraoralen Scansystemen durch die große Anzahl nahezu unüberschaubar schwer geworden ist, bietet sich eine entsprechende systematische Einteilung der Intraoralscanner an. Grundsätzlich lassen sich Intraoralscanner nach dem jeweiligen Aufnahmeprinzip einteilen. Neben dem technischen Prinzip charakterisieren vor allem die folgenden Punkte das jeweilige Aufnahmeprinzip: Einzelbildaufnahme oder Videoaufnahme, Farbscan oder monochromer Scan, Notwendigkeit der Konditionierung der Zahnoberfläche vor dem Scan d.h. Bepuderung ja oder nein.

Prinzip der passiven Triangulation

Das am häufigsten anzutreffende Aufnahmeprinzip bei Intraoralscannern ist das Prinzip der passiven Triangulation. Hierbei wird ein Streifenlichtmuster auf die Zahnoberfläche projiziert, von dieser reflektiert und innerhalb des Kamerakopfes erneut registriert. Aus der Positionsverschiebung zwischen ausgesandtem und wieder aufgenommenem Licht kann die dritte Dimension berechnet werden. In modernen Scansystemen können zudem Echtfarbinformationen durch die Aufprojektion eines Streifenlichtmusters in verschiedener Wellenlänge auf die Oberfläche registriert werden. Somit wird eine 3D Aufnahme des Zahnbogens in Echtfarben möglich. Dieses Prinzip wird derzeit z.B. beim Intraoralscanner

CEREC Omnicam der Firma Sirona (Wals, Österreich) und dem CS 3500 Intraoralscanner der Firma Carestream (Rochester, USA) verwendet. **ABBILDUNG 1**

Prinzip der konfokalen Mikroskopie

Ein weiteres weit verbreitetes Aufnahmeprinzip ist das Prinzip der konfokalen Mikroskopie. Bei diesem Verfahren werden Lichtstrahlen parallel zu der zu scannenden Oberfläche ausgesandt und im gleichen Strahlengang zurückgeworfen. Die Rückprojektion der Strahlen erfolgt hierbei proportional zum Objekt-Fokus-Abstand. Somit können unterschiedliche Tiefenschärfenebenen gleichzeitig scharf dargestellt werden. Ein Scansystem das diese Prinzip verwendet ist z.B. der Trios 3 Intraoralscanner der Firma 3Shape (Kopenhagen, Dänemark). **ABBILDUNG 2**

Prinzip der Stereovermessung

Neben den beiden genannten Aufnahmeprinzipien für Intraoralscanner existieren noch weitere Aufnahmeverfahren wie beispielsweise das Prinzip der Stereovermessung. Bei diesem Verfahren nehmen zwei Kameras innerhalb des Intraoralscanner Kopfes Bilder aus unterschiedlichem Winkel auf und vergleichen diese miteinander. Dieses Verfahren wird beispielsweise beim 3M True Definition Scanner der Firma 3M (St. Paul, USA) und dem AADVA Intraoralscanner der Firma GC (Tokyo, Japan) eingesetzt.

Konditionierung der Zahnoberfläche: Puderfrei vs. Puder

Das jeweilige grundlegende technische Aufnahmeprinzip eines Intraoralscanners bestimmt grundsätzlich die weiteren technischen Eigenschaften. So ist die Tatsache, dass einige Systeme eine Bepuderung der Zahnoberfläche vor dem Scan benötigen, andere hingegen puderfrei arbeiten, oftmals darin begründet, dass die Bepuderung der Zahnoberfläche das jeweilige Aufnahmeprinzip überhaupt erst ermöglicht. Beim CEREC Bluecam System muss die Zahnoberfläche mittels Titandioxidpulver vollständig mattiert werden. Durch die Mattierung wird eine vollständige Reflektion des ausgesandten Streifenlichtmusters nach dem Prinzip der passiven Triangulation überhaupt erst ermöglicht. Die Bepuderung beim 3M True Definition Scanner ist hingegen für die Registrierung der Oberfläche nach dem Prinzip es sogenannten Wave Front Sampling notwendig. Hierbei dienen die Puderpartikel als per Zufallsprinzip verteilte Landmarken für das Aufnahmesystem. Aus diesem Grund ist beim True Definition Scanner eine Bepuderung zwar notwendig aber eben nicht im selben Ausmaß wie bei der CEREC Bluecam. **ABBILDUNG 3+4**

Aufnahmemodus: Einzelbild vs. Videomodus

Der auf den ersten Blick offensichtlichste Unterschied einzelner Intraoralscanner ist die Tatsache, ob die Aufnahme in Form von Einzelzahnaufnahmen oder einer Videosequenz erfolgt. Das Grundprinzip ist jedoch für beide Optionen das gleiche da beim Videomodus einfach mehrere Einzelbilder automatisch generiert werden. Die Aufnahme von Einzelbildern und deren Zusammenfügen ist das eigentlich Entscheidende bei der digitalen Abformung mit Intraoralscanner. Das Zusammenfügen geschieht in einem sogenannten "matching Prozess". Hierbei werden die Einzelbilder zusammengelagert, indem in den jeweiligen Einzelbildern einander entsprechende Bereiche einfach überlagert werden. Diese Überlagerungsfläche muss dabei eine bestimmte Größe haben um ein möglichst fehlerfreies Matching der einzelnen Bilder zu ermöglichen. Es ist somit nicht verwunderlich, dass die Genauigkeit einzelner Scansysteme wesentlich von der Genauigkeit dieses "matching Prozesses" bestimmt wird.

GENAUIGKEIT VON INTRAORALSCANNERN

Spricht man über die Genauigkeit von Intraoralscannern, so muss man grundsätzlich zwei verschiedene Begriffe unterscheiden: Richtigkeit und Präzision. Unter Richtigkeit versteht man die tatsächliche Abweichung einer Messung von einer bekannten Wahrheit. Unter Präzision versteht man die möglichst exakte Wiederholbarkeit mehrerer Messungen. Beide Parameter zusammen, also Richtigkeit und Präzision, bestimmen die Genauigkeit eines intraoralen Scansystems. Für die Begriffe Richtigkeit und Präzision wird oftmals der anschauliche Vergleich mit einer Zielscheibe, bei der die Mitte der entsprechenden Wahrheit entspricht verwendet. Bei der Zielscheibe beschreibt die Richtigkeit, wie nah der Einschuss der Mittelpunkt der Scheibe ist. Die Präzision beschreibt wie eng mehrere Einschüsse nebeneinander liegen, auch wenn sie vom Mittelpunkt der Scheibe entfernt sind.

Es ist offensichtlich, dass für die Genauigkeit der digitalen Abformung zunächst das jeweilige Aufnahmeprinzip maßgeblich entscheidend ist. Zudem ist die fehlerfreie, präzise Überlagerung der vom optischen System erzeugten Einzelaufnahmen entscheidend. So werden beim Ganzkieferscan z.B. naturgemäß mehr Einzelbilder erzeugt als beim Quadrantenscan. Diese Tatsache erklärt, warum die Fehleranfälligkeit von Intraoralscannern für Ganzkieferabformungen insgesamt höher ist als für digitale Abformungen von eher kleinen Zahnbereichen wie beispielsweise Quadranten. Eigene vor kurzem veröffentlichte Studien zeigen, dass die Genauigkeit von Quadrantenscans wesentlich höher ist als für

Gesamtkieferscans [3, 4]. Aufgrund der unterschiedlichen Funktionsweise der Scanner, wird das Scanergebnis nach derzeitigem Stand maßgeblich von einem sachgerechten Scanpfad beeinflusst. Unter einem Scanpfad versteht man, dass der Intraoralscanner in einem bestimmten Bewegungsmuster über die Zahnoberflächen geführt werden muss um die Einzelbilder entsprechend korrekt einander zuzuordnen. Eigene Studien zeigen, dass sich die Genauigkeit intraoraler Scansysteme durch nicht eingehaltene Scanpfade signifikant verschlechtert [5]. Oftmals gestaltet sich die Erfassung von strukturlosen und/oder steil abfallenden Arealen wie der Unterkiefer-Front als schwierig. Dies erfordert wiederum abhängig vom System spezielle Strategien. Zum Vergleich der Genauigkeit digitaler intraoraler Abformmethoden mit konventionellen Methoden liegen derzeit mehrere Studien sowohl in vitro als auch in vivo vor. [4, 5, 6, 7]. Als übliche Abweichungstoleranzen für intraorale Abformsysteme haben sich zum heutigen Standpunkt folgende Werte ergeben, wobei wie bereits erwähnt eine deutliche Abhängigkeit vom verwendeten Scansystem zu beobachten ist: Einzelzahn 10 µm, Quadrant 25 µm und Ganzkieferabformung 50 bis 80 µm. An dieser Stelle bietet sich natürlich der Vergleich mit der konventionellen Abformtechnik an. Hierbei gilt es zu beachten, dass der konventionelle Prozess stets mehrere Einzelschritte umfasst. Die Bestimmung der Abformpräzision erfordert zwangsläufig auch die für die Modellherstellung nötigen Schritte mit einzubeziehen. Die Genauigkeit von Gipsmodellen, die im Rahmen einer Alginatabformung erstellt werden, liegt gemäß Literaturangabe bei bis zu 200 µm. Für Hochpräzisionsabformungen mit Vinylsiloxanethern ergeben sich entsprechend niedrigere Werte bis zu 25 µm.

VORTEILE INTRAORALSCANNER

Im Vergleich zu einer konventionellen Abformung mit anschließender Modellherstellung aus Gips ergeben sich bei der digitalen Abformung mit anschließender Erzeugung eines digitalen Modelldatensatzes jedoch zahlreiche Vorteile:

Darstellung in Echtzeit: Schon während oder unmittelbar nach dem Scan kann eine sofortige Analyse des digitalen Modells hinsichtlich dessen Qualität am Bildschirm erfolgen. Bei einer konventionellen Abformung zeigt erst der Gips die entscheidenden Details der Abformung.

Leichte Wiederholbarkeit: Bei nicht zufriedenstellender Qualität lässt sich ein Scan schnell wiederholen. Es ist zudem kein erneutes Vorbereiten des Abformlöffels und kein erneutes

Anmischen des Abformmaterials nötig.

Selektive Wiederholbarkeit: Ein digitaler Scan kann im Gegensatz zu einer konventionellen Abformung selektiv d.h. nur auf das fehlerbehaftete Areal begrenzt wiederholt werden (z.B. bei einer Blutung am Präparationsrand). Hierzu schneidet man den betroffenen Bereich digital einfach aus und re-scannt diesen erneut.

Selektives Erfassen der relevanten Bezirke: Bei einem Scan können zunächst die kritischen Bereiche erfasst werden. Im Falle von aufwendigen Gesamtsanierungen bietet sich somit die Möglichkeit an abschnittsweise in mehreren Sitzungen vorzugehen.

Keine Abformdesinfektion und Abformlöffelsäuberung: Intraoralscanner sind leicht desinfizierbar und die entsprechenden Scanspitzen oftmals auch autoklavierbar. Oft werden auch Einwegplastikhüllen angeboten, die nach dem Scan verworfen werden. Die zeitaufwendige Abformlöffelsäuberung und -desinfektion entfällt.

Analyseoptionen Präparation/Restauration: Bei digitalen Modellen können am Bildschirm wichtige Präparationsparameter direkt kontrolliert werden wie z.B. die Einschubachse oder der Abstand zum Antagonisten. Ebenso können am digitalen Modell Restaurationsparameter kontrolliert werden wie z.B. die Mindestschichtstärke oder eine anatomisch korrekte Restaurationsgestaltung.

Kein Modellverschleiß: Ein digitales Modell unterliegt keinem Modellverschleiß wie er beispielsweise beim Aufpassen einer realen Arbeit am Gipsmodell entsteht. Ein digitales Modell ist immer in der gleichen, ursprünglichen Qualität verfügbar.

Schnelle Kommunikation und Verfügbarkeit: Die Weiterverarbeitung von digitalen Modellen erfolgt ohne großen Zeitverlust. Durch die schnelle digitale Datenversendung, die oftmals über Cloud Systeme abläuft, fallen keine Transportkosten an.

Archivierbarkeit: Digitale Modelle können im Vergleich zu konventionellen Modellen einfacher und effizienter – da platzsparender – archiviert werden. Ein späteres Auffinden ist oftmals mittels Knopfdruck möglich.

Materialersparnis: Bei einer digitalen Abformung fallen keine Abfallprodukte an. Dies ist unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit und Ressourcenschonung ein Vorteil.

Chairside-Option: Die Behandlung in einer Sitzung bietet neben der Zeitersparnis zahlreiche weitere Vorteile wie z.B. eine sofortige bakteriendichte Versiegelung der Dentinwunde und eine adhäsive Stabilisierung der Restzahnhartsubstanz. Zudem wird der adhäsive Haftverbund zwischen finaler Restauration und Zahnschubstanz nicht durch einen provisorischen Zement beeinträchtigt. **ABBILDUNG 5+6**

Virtuelle Ausschneidefunktion: Neben dem Re-Scann für selektive, fehlerhafte Areale, kann die virtuelle Ausschneidefunktion dazu verwendet werden, um vor der eigentlichen Behandlung einen Übersichtsscan auszuführen. In der Sitzung der Präparation ist somit nur noch das Erfassen der betroffenen Zähne nötig.

Virtuelle Verlaufskontrolle: Im Gegensatz zu konventionellen Modellen, können mit digitalen Modellen zahlreiche intraorale Analysen von Veränderungen wie z.B. Zahnwanderungen, Zahnkipnungen, Zahnrotationen, Rezessionen und Abrasionen sichtbar gemacht werden. Hierzu genügt ein Matchen der einzelnen Scans mit einem speziellen Softwaretool. Die genauen Schritte für dieses Vorgehen werden im Weiteren Verlauf des Artikels noch detailliert beschrieben.

Echt-Farbdarstellung: Da bestimmte intraorale Scansysteme mittlerweile Echtfarbmodelle erzeugen, können Bereiche wie Zahnstrukturen und Gingivatextur besser erfasst werden. Somit können z.B. farbliche Gingiva- und Zahnveränderungen analysiert werden, was auf einem Gipsmodell nicht möglich ist. Auch selektive Zahnfarbenmessungen können bei manchen Systemen durchgeführt werden.

Data-Fusion Möglichkeit: Ein digitaler Datensatz kann mit anderen Datensätzen verknüpft werden wie z.B. mit einem Gesichtsscan oder mit dreidimensionalen Röntgenaufnahmen (z.B. CT oder DVT). Dies ermöglicht eine zusätzliche, erweiterte und vor allem umfangreiche Diagnose- und Planungsmöglichkeit im Sinne einer bestmöglichen Patientenbehandlung.

EINSCHRÄNKUNGEN INTRAORALSCANNER

Trotz der zahlreichen Vorteile, die sich durch einen Einsatz von Intraoralscannern ergeben, sind einige Einschränkungen gegeben, die im Folgenden aufgeführt werden sollen:

Lernkurve: Eine optische Abformung ist vor allem am Anfang nicht einfach durchzuführen. Das Handling des Intraoralscanners muss entsprechend erlernt werden, wobei die Lernkurve zu Beginn sehr flach ist. Sogenannte "guided scanning" Verfahren, bei denen der Anwender Schritt für Schritt während des Scans instruiert wird, wie der Intraoralscanner über den Zahnbogen zu führen ist, erleichtern jedoch die Durchführung des Scans und sind in einigen Systemen bereits integriert.

Implantatversorgung: Für die exakte Bestimmung der Implantatposition ist bei einer digitalen Abformung mit Intraoralscannern ein zusätzlicher implantatspezifischer Scankörper nötig. Dieser Scankörper muss für das entsprechende Implantatsystem erhältlich sein und zudem mit der verwendeten CAD-Software kompatibel sein. In letzter Zeit bieten jedoch immer mehr Dentalhersteller die Möglichkeit zur direkten digitalen Implantatversorgung an, indem entsprechende Kooperationen mit den jeweiligen Implantatherstellern beschlossen werden.

Statische und dynamische Okklusion: Bei einigen intraoralen Scansystemen ist die nachträgliche Änderung der Bisslage nicht möglich. Sobald die Stützzonen aufgelöst werden, kommt man bei umfangreichen Restaurationen an die Grenze. Viele Systeme bieten zudem keine Simulation der dynamischen Okklusion an. Seit einigen Monaten gibt es jedoch erstmals einen Ansatz zur Integration der dynamischen Artikulation unter Verwendung eines mittelwertigen virtuellen Artikulators. Ebenso ist eine Integration von individuellen Artikulationsparametern möglich, sowie wie die digitale Veränderung der Bisslage mittels Stützstiftfunktion.

Scan Gebühren und geschlossene Systeme: Bei einigen Systemen fallen sogenannte "scanning fees", also Gebühren pro durchgeführten Scan an. Oftmals werden die Scan Daten zunächst an Firmen-eigene Clouds in einem verschlüsselten Dateiformat versendet, das System ist also geschlossen. Ein offener STL-Daten Export zur entsprechenden Weiterverarbeitung in einem beliebigen CAD Programm ist oftmals - wenn überhaupt - erst nach einem Dateiexport aus der Plattform möglich. In letzter Zeit bieten jedoch immer mehr Hersteller sogenannte offene Systeme an, also Intraoralscanner, die einen direkten STL-Datenexport erlauben.

Preis: Intraorale Scansysteme sind derzeit immer noch kostenintensiv. Für viele Anwender ist die Kosten-Nutzen Rechnung angesichts des derzeitigen Preisniveaus noch nicht positiv. Eine Preissenkung im Bereich der Intraoralscanner ist jedoch angesichts der steigenden Zahl an Dentalherstellern auf dem Markt mit großer Sicherheit für die nahe Zukunft zu erwarten.

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die Genauigkeit intraoraler Scansysteme, die naturgemäß für eine erfolgreiche klinische Prozesskette notwendig ist, konnte in zahlreichen Studien erfolgreich nachgewiesen werden [6], [7],[8],[9]. Der Einsatz von Intraoralscannern im Rahmen des sogenannten "digitalen workflows" kann somit als ein dem "konventionellen workflow" mindestens ebenbürtiges Verfahren bezeichnet werden. Durch den Verzicht auf die einzelnen oftmals fehleranfälligen Prozessschritte, wie sie bei der konventionellen Modellerstellung nötig sind, ergeben sich zudem zahlreiche Vorteile für die digitale intraorale Abformung. Darüberhinaus bietet der Intraoralscan mit der Erzeugung eines 3D Datensatzes ungeahnte weitere Optionen und Perspektiven, die mit konventionellen Abformungen oftmals nur komplizierter oder gar nicht erst durchführbar sind. An dieser Stelle sei beispielsweise die digitale dentale Verlaufsdagnostik mit Intraoralscannern genannt. Hierzu wurden vor einiger Zeit erste eigene Konzepte vorgestellt [10]. Durch den automatisierten Match von Baseline und Follow-up Scans können mittels spezieller Differenz Analysesoftware einfach und schnell objektive Veränderungen wie Rezessionen oder Abrasionen/Erosionen analysiert werden. Derartige Veränderungen wären auf konventionellen Modellen bisher oftmals unentdeckt geblieben. Der Einsatz digitaler Abformsysteme und die dementsprechende Weiterverwendung der digitalen Daten ermöglicht somit einen völlig neuen, vielversprechenden Ansatz zur objektiven dentalen Diagnostik für verschiedenste Fragestellungen. **ABBILDUNG 7+8**

Es ist demnach außer Frage, ob die intraorale digitale Abformung den konventionellen workflow jemals ablösen kann und wird. Für den einzelnen Anwender stellt sich heutzutage vielmehr die Frage, wann ein Einstieg für ihn, sein Praxiskonzept und sein Team sinnvoll ist. Dabei ist durchaus vorstellbar, dass das digitale intraorale Abformsystem in Zukunft die zentrale Drehscheibe für ein gesamtes "Healthcare Paket" unserer Patienten wird. So bleibt mit Spannung zu sehen, wann die digitale intraorale Abformung - ähnlich wie bereits etablierte digitale Applikationen im alltäglichen Leben - ein selbstverständlicher

Bestandteil sein wird und - wie der tägliche Umgang mit einem Smartphone - nicht mehr weggedacht werden kann.

1. Mormann, W.H., *The evolution of the CEREC system*. J Am Dent Assoc, 2006. **137 Suppl**: p. 7S-13S.
2. Mormann, W.H. and M. Brandestini, [*Cerec-System: computerized inlays, onlays and shell veneers*]. Zahnarztl Mitt, 1987. **77**(21): p. 2400-5.
3. Ender, A., T. Attin, and A. Mehl, *In vivo precision of conventional and digital methods of obtaining complete-arch dental impressions*. J Prosthet Dent, 2015.
4. Ender, A., et al., *In vivo precision of conventional and digital methods for obtaining quadrant dental impressions*. Clin Oral Investig, 2015.
5. Ender, A. and A. Mehl, *Influence of scanning strategies on the accuracy of digital intraoral scanning systems*. Int J Comput Dent, 2013. **16**(1): p. 11-21.
6. Ender, A. and A. Mehl, *In-vitro evaluation of the accuracy of conventional and digital methods of obtaining full-arch dental impressions*. Quintessence Int, 2014.
7. Ender, A. and A. Mehl, *Full arch scans: conventional versus digital impressions--an in-vitro study*. Int J Comput Dent, 2011. **14**(1): p. 11-21.
8. Seelbach, P., C. Brueckel, and B. Wostmann, *Accuracy of digital and conventional impression techniques and workflow*. Clin Oral Investig, 2013. **17**(7): p. 1759-64.
9. Patzelt, S.B., et al., *Accuracy of full-arch scans using intraoral scanners*. Clin Oral Investig, 2014. **18**(6): p. 1687-94.
10. Zaruba, M., A. Ender, and A. Mehl, *New applications for three-dimensional follow-up and quality control using optical impression systems and OraCheck*. Int J Comput Dent, 2014. **17**(1): p. 53-64.

- Abbildung 1:** Streifenlichtprojektion CEREC Omnicam, puderfrei, Echtfarbenscan, Videomodus, Aufnahmeprinzip passive Triangulation
- Abbildung 2:** Ganzkieferscan 3Shape Trios3 Intraoralscanner, puderfrei, Echtfarbenscan, Videomodus, Aufnahmeprinzip konfokale Mikroskopie
- Abbildung 3+4:** Mattierung der Zahnoberfläche mit Titandioxidpulver für monochrome Quadrantenaufnahme mit CEREC Bluecam, Einzelaufnahme, Prinzip passive Triangulation
- Abbildung 5+6:** Klinisches Beispiel chairside Quadrantenrestauration Zahn 24-27, CEREC Omnicam, CAD/CAM Material: Celtra Duo, preop und postop
- Abbildung 7+8:** Beispiel für digitale dentale Verlaufsdagnostik mit Intraoralscanner, automatisierter Match Baseline-Scan und Follow Up-Scan (nach 3 Monaten), Auswertung mit OraCheck Software und farbcodierte Differenzanalyse: gingivale Rezession zum Zeitpunkt des Follow-Up Scans nach erfolgtem Scaling und Rootplaning